

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-059190

(43)Date of publication of application : 04.03.1994

(51)Int.Cl.

G02B 13/24

G02B 9/00

(21)Application number : 05-119311

(71)Applicant : MINOLTA CAMERA CO LTD

(22)Date of filing : 23.04.1993

(72)Inventor : UEDA TOSHIHIKO  
 IWASAKI SATOSHI  
 WATANABE SANAE  
 KAGOSHIMA KAZUHARU  
 SAKAMOTO KEIJIRO

(30)Priority

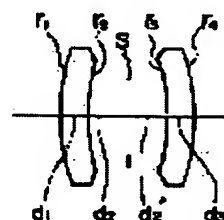
Priority number : 04175956    Priority date : 11.06.1992    Priority country : JP

#### (54) LENS SYSTEM FOR COPYING MACHINE AND READ LENS SYSTEM USING DISTRIBUTED INDEX OF REFRACTION LENS

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the copying machine lens system, composed of two radial type GRIN lenses having refractive index distributions radially from the optical axes, and the read lens system.

CONSTITUTION: The copying machine lens system is constituted by using the radial type GRIN lenses having the refractive index distributions decreasing in refractive index radially from the optical axes and arranging the meniscus lenses, whose convex surfaces are larger in radius of curvature, across a stop with the convex surfaces out. The read lens system consisting of two lenses having refractive index distributions radially from the optical axes consists of (1) at least one lens which is positive in shape power and negative in medium power, (2) at least one lens which is negative in shape power and positive in medium power, (3) a positive lens which is negative in shape power and positive in medium power and a positive lens which is positive in both shape power and medium power, (4) a positive lens which is negative in both shape power and medium power and a positive lens which is negative in shape power and positive in medium power, or (5) a positive lens which is negative in shape power and positive in medium power and a negative lens which is positive in shape power and negative in medium power.



#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-59190

(43)公開日 平成6年(1994)3月4日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 13/24  
9/00

識別記号

庁内整理番号

9120-2K

9120-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数15(全 34 頁)

(21)出願番号 特願平5-119311

(22)出願日 平成5年(1993)4月23日

(31)優先権主張番号 特願平4-175956

(32)優先日 平4(1992)6月11日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000006079

ミノルタカメラ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 上田 歳彦

大阪市中央区安土町二丁目3番13号大阪国

際ビル「ミノルタカメラ株式会社内」

(72)発明者 岩崎 聡志

大阪市中央区安土町二丁目3番13号大阪国

際ビル「ミノルタカメラ株式会社内」

(74)代理人 弁理士 小山田 光夫

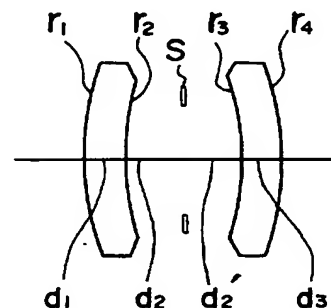
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 屈折率分布型レンズを用いた複写機用レンズ系および読み取りレンズ系

(57)【要約】

【目的】 光軸上から半径方向に屈折率分布を有するラジアル型GRINレンズ2枚からなる複写機用レンズ系および読み取り用レンズ系を提供する。

【構成】 光軸上から半径方向に屈折率が低くなる屈折率分布を有するラジアル型GRINレンズを使用し、レンズ形状が凸面の方が曲率半径の大きいメニスカスレンズを絞りを含んで外側に凸面を向けて配置した複写機用レンズ系である。また、光軸上から半径方向に屈折率分布を有する2枚からなる読み取り用レンズ系において、①少なくとも一方のレンズに形状のパワーが正、媒質のパワーが負、②少なくとも一方のレンズに形状のパワーが負、媒質のパワーが正、③形状のパワーが負、媒質のパワーが正のレンズと形状のパワーおよび媒質のパワーが正のレンズとからなる、④形状のパワー、媒質のパワーが正のレンズと形状のパワーおよび媒質のパワーが正のレンズとからなる、⑤形状のパワーが負、媒質のパワーが正のレンズと形状のパワーが正、媒質のパワーが負のレンズ、とからそれぞれ構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光軸上から半径方向に屈折率が低くなる屈折率分布を有するラジアル型屈折率分布型レンズにおいて、レンズ形状が凸面の方が曲率半径の大きいメニスカスレンズを2枚絞りを挟んで物体側および像面側にそれぞれ凸面を向けて配置した2枚構成の完全対称型であることを特徴とする屈折率分布型レンズを用いた複写機用レンズ系。

【請求項2】 請求項1記載の複写機用レンズ系において、次の条件式を満足することを特徴とする屈折率分布型レンズを用いた複写機用レンズ系。

$$\nu_0 < \nu_{1d} \cdots \cdots (1)$$

$$0.20 > \Sigma P > -0.05 \cdots \cdots (2)$$

ただし、 $\nu_0$ は屈折率分布型レンズの軸上のアッペ数、 $\nu_{1d}$ はd線の2次の屈折率分布係数を $N_{1d}$ 、F線の2次の屈折率分布係数を $N_{1F}$ 、C線の2次の屈折率分布係数を $N_{1C}$ とするとき

【数1】

\*

$$\nu_{1d} = \frac{N_{1d}}{N_{1F} - N_{1C}}$$

の値であり、 $\Sigma P$ はレンズ系のベッツバル和である。

【請求項3】 光軸上から半径方向に屈折分布を持つラジアル型GRINレンズ2枚から成る読み取り用レンズにおいて、少なくとも一方のレンズに形状のパワーが負で媒質のパワーが正のレンズを用いたことを特徴とする屈折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。

【請求項4】 請求項3記載の読み取りレンズ系において、2枚のレンズとも形状のパワーが負、媒質のパワーが正である屈折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。

【請求項5】 請求項4記載の読み取りレンズ系において、2枚のレンズとも次の条件式を満足することを特徴とする屈折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。

【数2】

\*

$$\nu_{i0} < \nu_{i1} \cdots \cdots (3)$$

ただし  $\nu_{i0}$ : 第iレンズの光軸上のアッペ数で

$$\nu_{i1} \text{ は } \frac{N_{2d}^i}{N_{2F}^i - N_{2C}^i} \text{ で表される。}$$

ここで  $N_{2d}^i$ : 第iレンズのd線の2次屈折率分布係数

$N_{2F}^i$ : 第iレンズのF線の2次屈折率分布係数

$N_{2C}^i$ : 第iレンズのC線の2次屈折率分布係数

【請求項6】 請求項5記載の読み取りレンズ系において、さらに次の条件式を満足することを特徴とする屈折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。

【数3】

$$0.7 < \frac{f_1}{f_2} < 1.5 \cdots \cdots (4)$$

$$0 < \Sigma P < 0.10 \cdots \cdots (5)$$

$$-0.7 < \frac{\psi_{is}}{\psi_{im}} < -0.3 \cdots \cdots (6)$$

ただし  $f_1$ : 第iレンズの焦点距離(媒質、形状込み)

$\psi_{is}$ : 第iレンズの形状のパワー

$\psi_{im}$ : 第iレンズの媒質のパワー

【請求項7】 光軸上から半径方向に屈折分布を持つラジアル型GRINレンズ2枚から成る読み取り用レンズにおいて、少なくとも一方のレンズに形状のパワーが負で媒質のパワーが正のレンズを用いたことを特徴とする屈折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。

【請求項8】 請求項7記載の読み取りレンズ系において、1枚のレンズの形状のパワーが正で媒質のパワーが

負である屈折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。

【請求項9】 請求項8記載の読み取りレンズ系において、次の条件式を満足することを特徴とする屈折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。

【数4】

$$0 < \nu_1' < \nu_{10} \cdots (7)$$

ただし  $\nu_1'$  は  $\frac{N_{2d}}{N_{2F} - N_{2c}}$  から計算される。

ここで  $N_{2d}$ : 第1レンズのd線の2次屈折率分布係数

$N_{2F}$ : 第1レンズのF線の2次屈折率分布係数

$N_{2c}$ : 第1レンズのC線の2次屈折率分布係数

$\nu_{10}$ : 第1レンズの光軸上でのアッペ数

【請求項10】 請求項9記載の読み取りレンズ系にお \* 折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。  
いて、さらに次の条件式を満足することを特徴とする屈\* 【数5】

$$2 < \frac{f_2}{f} < 3 \cdots \cdots (8)$$

$$-0.9 < \frac{\psi_{2s}}{\psi_{2M}} < -0.7 \cdots \cdots (9)$$

$$-0.01 < \Sigma P < 0.05 \cdots \cdots (10)$$

$$0.3 < \frac{f_1}{f_2} < 0.7 \cdots \cdots (11)$$

ただし  $f$ : 全系の焦点距離

$f_1$ : 第1レンズの焦点距離 (媒質, 形状のトータル)

$f_2$ : 第2レンズの焦点距離 (媒質, 形状のトータル)

$\psi_{2s}$ : 第2レンズの形状のパワー

$\psi_{2M}$ : 第2レンズの媒質のパワー

$\Sigma P$ : ペッツバール和

【請求項11】 光軸上から半径方向に屈折分布を持つラジアル型GRINレンズ2枚から成る読み取り用レンズにおいて、物体側から順に形状のパワーが負でレンズで媒質のパワーが正のレンズである第1レンズと、形状のパワーおよび媒質のパワーともに正のレンズである第2レンズとから成ることを徴とする屈折率分布型レンズ 40

を用いた読み取りレンズ系。

【請求項12】 請求項11記載の読み取りレンズ系において、次の条件式を満足することを特徴とする屈折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。

【数6】

$$\nu_{10} < \nu_{1'} \dots \dots (12)$$

$$\nu_{2'} < 0 \dots \dots (13)$$

$$-2 < \frac{\nu_{1'}}{\nu_{2'}} < -0.5 \dots (14)$$

ただし  $\nu_{10}$ : 第 i レンズの光軸上のアッベ数

$$\nu_{1'} : \frac{N_{2d}}{N_{2F} - N_{2C}} \quad (\text{媒質のアッベ数})$$

ここで  $N_{2d}$ : 第 i レンズの d 線の 2 次屈折率分布係数

$N_{2F}$ : 第 i レンズの F 線の 2 次屈折率分布係数

$N_{2C}$ : 第 i レンズの C 線の 2 次屈折率分布係数

【請求項 13】 請求項 12 記載の読み取りレンズ系に \* 屈折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。  
おいて、さらに次の条件式を満足することを特徴とする \* 【数 7】

$$0.8 < \frac{f_1}{f_s} < 1.5 \dots \dots (15)$$

$$0.04 < \Sigma P < 0.11 \dots \dots (16)$$

$$\frac{\psi_{2s}}{\psi_{2m}} < 2.5 \dots \dots (17)$$

ただし  $f_1$ : 第 i レンズの焦点距離 (形状, 媒質込み)

$\Sigma P$ : ベッツバール和

$\psi_{1s}$ : 第 i レンズの形状パワー

$\psi_{1m}$ : 第 i レンズの媒質パワー

【請求項 14】 光軸上から半径方向に屈折分布を持つラジアル型 GRIN レンズ 2 枚から成る読み取り用レンズにおいて、形状のパワーが正で媒質のパワーが正でトータルのパワーが正のレンズと、形状のパワーが負で媒

質のパワーが正でトータルのパワーが正のレンズで構成され、次の条件式を満足することを特徴とする屈折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。

【数 8】

$$\nu_{20} < \nu_2' \dots\dots\dots (18)$$

$$1.3 < \frac{f_s}{f} < 2.5 \dots\dots (19)$$

$$0.1 < \frac{\psi_{1s}}{\psi_{1M}} < 1 \dots\dots (20)$$

$$-0.7 < \frac{\psi_{2s}}{\psi_{2M}} < -0.5 \dots\dots (21)$$

$$0 < \Sigma P < 0.015 \dots\dots\dots (22)$$

$$0.5 < \frac{f_1}{f_2} < 1 \dots\dots\dots (23)$$

ただし

$\nu_{20}$ : 第2レンズの光軸上でのアッベ数

$\nu_2'$ :  $\frac{N_{2d}}{N_{2F} - N_{2C}}$  から計算される。

ここで  $N_{2d}$ : 第2レンズのd線の2次屈折率分布係数

$N_{2F}$ : 第2レンズのF線の2次屈折率分布係数

$N_{2C}$ : 第2レンズのC線の2次屈折率分布係数

$f$ : 全系の焦点距離 (媒質, 形状のトータル)

$f_1$ : 第1レンズの焦点距離 (媒質, 形状のトータル)

$f_2$ : 第2レンズの焦点距離 (媒質, 形状のトータル)

$\psi_{2s}$ : 第2レンズの形状のパワー

$\psi_{2M}$ : 第2レンズの媒質のパワー

$\Sigma P$ : ペッツバール和

$\psi_{1s}$ : 第1レンズの形状のパワー

$\psi_{1M}$ : 第1レンズの媒質のパワー

【請求項15】 光軸上から半径方向に屈折分布を持つラジアル型GRINレンズ2枚から成る読み取り用レンズにおいて、形状のパワーが負でレンズで媒質のパワーが正でトータルのパワーが正のパワーをもつ第1レンズと、形状のパワーが正でレンズで媒質のパワーが負でト

ータルのパワーが正のパワーをもつ第2レンズとから構成され、次の条件式を満足することを特徴とする屈折率分布型レンズを用いた読み取りレンズ系。

【数9】

$$\nu_1' < \nu_{10} \dots\dots\dots (24)$$

$$0 < \nu_2' < \nu_{20} \dots\dots\dots (25)$$

$$-2.2 < \frac{\psi_{2s}}{\psi_{2M}} < -1.0 \dots\dots (26)$$

$$-1.0 < \frac{\psi_{1s}}{\psi_{1M}} < -0.6 \dots\dots (27)$$

$$0.1 < \Sigma P < 0.2 \dots\dots (28)$$

$$1.0 < \frac{f_1}{f_2} < 2.0 \dots\dots (29)$$

ただし  $\nu_{10}$ : 第1レンズの光軸上でのアッベ数

$\nu_{20}$ : 第2レンズの光軸上でのアッベ数

$$\nu_1' : \frac{N_{2d}'}{N_{2F}' - N_{2C}'}$$

$$\nu_2' : \frac{N_{2d}^2}{N_{2F}^2 - N_{2C}^2}$$

ここで  $N_{2d}'$  : 第1レンズのd線の2次屈折率分布係数

$N_{2F}'$  : 第1レンズのF線の2次屈折率分布係数

$N_{2C}'$  : 第1レンズのC線の2次屈折率分布係数

$N_{2d}^2$  : 第2レンズのd線の2次屈折率分布係数

$N_{2F}^2$  : 第2レンズのF線の2次屈折率分布係数

$N_{2C}^2$  : 第2レンズのC線の2次屈折率分布係数

$f$  : 全系の焦点距離 (媒質, 形状のトータル)

$f_1$  : 第1レンズの焦点距離 (媒質, 形状のトータル)

$f_2$  : 第2レンズの焦点距離 (媒質, 形状のトータル)

$\psi_{2s}$  : 第2レンズの形状のパワー

$\psi_{2M}$  : 第2レンズの媒質のパワー

$\Sigma P$  : ベッツバール和

$\psi_{1s}$  : 第1レンズの形状のパワー

$\psi_{1M}$  : 第1レンズの媒質のパワー

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、光軸上から半径方向

に屈折率分布を持つラジアル型の屈折率分布をもつレンズを2枚使用して、色収差をはじめ諸収差を良好に補正

した複写機用レンズ系および読み取りレンズ系に関する

る。

【0002】

【従来の技術】これまで、光軸に垂直方向に屈折率分布を持つラジアル型あるいは光軸方向に屈折率分布を持つアキシャル型レンズは、光ディスク用の対物レンズなどの比較的の小径のものは実用化されているが、大径のレンズでは製造コストなどの問題もありまだ実用化されるには至っていない。

【0003】従って、複写機用レンズ系および読み取りレンズ系としてはこれまで殆ど知られていないが、光軸に垂直方向に屈折率分布を持つラジアル型あるいは光軸方向に屈折率分布を持つアキシャル型レンズは、レンズ枚数を削減できコンパクトになることからこれから大いに期待できる分野である。これまで提案されたGRINレンズとしては、1. Applid Optics Vol. 21, No. 6「Desingn of a gradient-index photographic objective」に2枚玉構成の写真レンズ系の設計例が、2. 米国特許第4, 974, 947号明細書にはアキシャルGRINレンズ2枚玉および3枚玉のものが、3. 特開平2-285312号公報には少なくとも1枚のラジアルGRINレンズを用いたビデオや写真用光学系が、4. 第16回光学シンポジウム講演予稿集第39～40頁「ラジアルGRINレンズを用いた光学系の設計」(1991)がそれぞれ提案されているが、これらのレンズ系はいずれも写真用レンズ系である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記1.のレンズ系は、第1レンズ、第2レンズの厚さが非常に厚く、コストアップや加工性の悪さの不具合がある。そして、色収差を補正する点は考慮されていない。上記2.のレンズ系は、光軸方向に屈折率が変わるアキシャルGRINレンズを使用した広角レンズ系であり、その明細書には単色のデータきり示されていない。上記3.のレンズ系は、ラジアルGRINレンズを主に色収差の補正に使用しているが、多数枚から構成される写真用レンズ系のうちの1枚のみに屈折率分布を有するレンズを使用するものである。上記4.の発表では、形状と媒質のパワーの和であるトータルパワーが負の場合について色消し条件を求めている。そして、その応用としてトータルパワーが正の場合の色消し条件を求める手段が示されているが、設計例はズームレンズの全長短縮をねらったものである。

【0005】本件発明は、屈折率分布を有するレンズを使用し、複写機用レンズ系としては、対称型の2枚のレンズ構成で十分実用化が達成できることを見出した。また、例えばカラーのCCDに適用するような縮小読み取りレンズ系の場合、これらの収差をさらに厳密に補正しなければ、誤情報を読み取ることにつながり、他の収差は当然として、倍率色収差、歪曲を良好に補正しなければならない。

【0006】この発明は、複写機用レンズ系あるいはイメージスキャナなどに使用される読み取りレンズ系を対象とするものであり、色ずれによる誤判別やコントラストの低下を抑えるために、写真用光学系に比べて色収差の条件が厳しく、これまでの均質の球面レンズ系では少なくとも4～6枚のレンズで構成しなければならなかった。これを半径方向に屈折率の変化するラジアル型GRINレンズを使用することで各エレメントごとに色収差の補正が可能となり、レンズ構成枚数を大幅に減らして構成を簡単にすることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】この出願の発明は、何れも光軸上から半径方向に屈折率分布をもつラジアルGRINレンズ2枚から構成される複写機用レンズ系および読み取り用レンズ系である。そして、ラジアルGRINレンズの配置により次の6つの実施態様に分かれている。即ち、第1の態様の複写機用レンズ系は、形状のパワーが正、媒質のパワーが負で、トータルのパワーが正のメニスカスレンズを完全対称型に配置したレンズから構成されている。(請求項1～請求項2)第2～第6態様のものは読み取り用レンズ系の実施例であり、第2態様のものは、2枚のラジアルGRINレンズが共に形状のパワーが負で媒質のパワーが正で、トータルのパワーが正のレンズから構成されている。(請求項3～請求項6)第3の態様ものは、少なくとも1枚のレンズが、形状のパワーが負で媒質のパワーが正、トータルのパワーが正のレンズから構成されている。(請求項7～請求項10)第4の態様ものは第1レンズの形状のパワーが負で媒質のパワーが正、第2レンズの形状のパワーが正で媒質のパワーが正のレンズから構成されている。(請求項11～請求項13)第5の態様ものは第1レンズの形状のパワーが正で媒質のパワーが正、第2レンズの形状のパワーが負で媒質のパワーが正のレンズから構成されている。(請求項14)第6の態様ものは第1レンズの形状のパワーが負で媒質のパワーが正、第2レンズの形状のパワーが正で媒質のパワーが負のレンズから構成されている。(請求項15)

【0008】

【実施例】先ず、この発明の第1態様の複写機用レンズ系を説明する。この実施例として実施例1～実施例4の4例があり、光軸上から半径方向に屈折率が低くなる屈折率分布を有するラジアル型屈折率分布型レンズ系において、レンズ形状が凸面の方が曲率半径の大きいメニスカスレンズを2枚絞りを挟んで物体側および像面側にそれぞれ凸面を向けて配置した2枚構成の対称型であることを特徴とする屈折率分布型レンズを用いた複写機用レンズ系である。そして、この発明は、屈折率分布レンズの軸上のアップ数を $\nu_0$ 、d線の2次の屈折率分布係数を $N_{1d}$ 、F線の2次の屈折率分布係数を $N_{1F}$ 、C線の2次の屈折率分布係数を $N_{1C}$ とするととき $\nu_{1d} = N_{1d} / N_{1F}$



$-N_{1C}$ の値、 $\Sigma P$ をレンズ系のペッツバル和とすると  
き

$$\nu_0 < \nu_{1d} \cdots \cdots (1)$$

$$0.20 > \Sigma P > -0.05 \cdots \cdots (2)$$

の条件式を満足させる。

【0009】複写機用レンズ系は等倍付近で用いられるために、従来より対称型のレンズ系が多く用いられている。この対称型のレンズ系の有利な点は、歪曲、倍率色収差、コマ収差などの横収差が抑えられることにより、主に縦収差に着目して収差補正を行なえば良いので設計が楽になることである。また、軸上より半径方向に屈折率分布を持ついわゆるラジアル型の屈折率分布レンズを用いれば、従来より色収差の補正が可能であることが分かっている。よって、この発明では、ラジアル型の屈折率分布レンズを2枚同一のものをを用いることによって完全対称型の構成とすることにより、さらに軸上色収差も良好に補正したことを特徴としている。

【0010】この複写機用レンズ系は、凸面の方が曲率半径の小さいメニスカス形状であり、左側の凸面から第1面、第2面、第3面および第4面とすれば、外側の第1面および第4面は媒質内は光軸上より半径方向に徐々に屈折率が小さくなっているので正のパワーを持ち、内側の第2面および第3面は負のパワーを持つことになる。これらの2枚の間に絞りSを配置し、外側に凸面を向けるように配置することにより、凸面と媒質により正のパワー、2か所の凹面が負のパワーというように全体で正、負、正のパワー配置が形成され、いわゆるトリプレットタイプやガウスタイプのレンズ系と同じ構成となっている。そして、凸面と媒質により正のパワーが分散していることにより、収差補正が良好になされる。

【0011】次に、軸上色収差であるが、色収差の補正式は面によるパワーを $\phi_S$ 、媒質によるパワーを $\phi_M$ とすると、 $\phi_S / \nu_0 + \phi_M / \nu_{1d}$ であることは知られており、この発明のレンズ系は面によるパワー $\phi_S < 0$ 、

媒質によるパワー $\phi_M > 0$ であることにより、軸上より軸外の方がアッペ数が小さくなることから $\nu_{1d} > 0$ となることは当然である。特に条件式(1)を満足させることにより、F線とC線がバランスよく補正され、この条件式を外れると、軸上と軸外のアッペ数の差が小さくなってしまい色収差の補正が不可能になる。

【0012】また、像面湾曲を補正するため、ペッツバル和 $\Sigma P$ を上記(2)式の範囲に入る様にしなければならない。

10 【0013】次に、この発明の屈折率分布型レンズを用いた複写機用レンズ系の具体的な実施例を説明する。図1、図3、図5および図7は実施例1～実施例4のレンズ構成を示す断面図である。また、実施例1～実施例4の数値をそれぞれ第1表～第4表に示す。これらの各表は、物体側より順に第i面の曲率半径 $r_i$ 、軸上面間隔の各面での数値である。レンズは何れも屈折率分布型のレンズなので、各表にはd線における光軸上の屈折率およびアッペ数と屈折率分布係数を合わせて示している。

(完全対称型のレンズ構成であるので、一つのみ表示してある。)

【0014】屈折率分布係数は、光軸上から高さrでの屈折率を $N(r)$ 、光軸上での屈折率を $N_0$ 、屈折率分布係数を $N_i$ としたとき、屈折率分布の式は
$$N(r) = N_0 + N_1 r^2 + N_2 r^4 + N_3 r^6 + N_4 r^8$$

で定義される。

【0015】実施例1～実施例4の球面収差、非点収差および歪曲の各収差曲線図を、図2、図4、図6および図8に示す。各収差とも極めて良く補正されていることが分かる。なお、実施例の条件式(1)、(2)の $\nu_0$ 、 $\nu_{1d}$ 、 $\Sigma P$ の各実施例の値は表5に示す。

【0016】

【表1】

第1表 (実施例1)

f = 220.12, FNo. = 10.0

曲率半径	軸上面間隔	屈折率 (N <sub>d</sub> )	アッベ 数 (ν <sub>d</sub> )
r <sub>1</sub> 54.027	d <sub>1</sub> 6.0	屈折率分布型レンズ	
r <sub>2</sub> 44.356	d <sub>2</sub> 9.0		
S 絞り	d <sub>2</sub> ' 9.0		
r <sub>3</sub> -44.356	d <sub>3</sub> 6.0	屈折率分布型レンズ	
r <sub>4</sub> -54.027			

屈折率分布型レンズ

N<sub>o</sub> = 1.6910 ν<sub>o</sub> = 54.8

(屈折率分布係数)

d線	N <sub>1</sub> -0.398640 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>2</sub> 0.458588 × 10 <sup>-7</sup>
	N <sub>3</sub> -0.1142775 × 10 <sup>-10</sup>	
F線	N <sub>1</sub> -0.400500 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>2</sub> 0.460728 × 10 <sup>-7</sup>
	N <sub>3</sub> -0.114811 × 10 <sup>-10</sup>	
C線	N <sub>1</sub> -0.397843 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>2</sub> 0.457670 × 10 <sup>-7</sup>
	N <sub>3</sub> -0.114049 × 10 <sup>-10</sup>	
条件式	ν <sub>1d</sub> = 150	

【0017】

\* \* 【表2】

第2表 (実施例2)

f = 200.1, FNo. = 10.0

曲率半径	軸上面間隔	屈折率 (N <sub>d</sub> )	アッベ 数 (ν <sub>d</sub> )
r <sub>1</sub> 42.247	d <sub>1</sub> 4.0	屈折率分布型レンズ	
r <sub>2</sub> 35.027	d <sub>2</sub> 7.0		
S 絞り	d <sub>2</sub> ' 7.0		
r <sub>3</sub> -35.027	d <sub>3</sub> 4.0	屈折率分布型レンズ	
r <sub>4</sub> -42.247			

屈折率分布型レンズ

N<sub>o</sub> = 1.5891 ν<sub>o</sub> = 61.1

(屈折率分布係数)

d線	N <sub>1</sub> -0.616896 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>2</sub> 0.172431 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>3</sub> -0.425501 × 10 <sup>-9</sup>	N <sub>4</sub> 0.241363 × 10 <sup>-11</sup>
F線	N <sub>1</sub> -0.619774 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>2</sub> 0.173236 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>3</sub> -0.427486 × 10 <sup>-9</sup>	N <sub>4</sub> 0.242490 × 10 <sup>-11</sup>
C線	N <sub>1</sub> -0.615661 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>2</sub> 0.172087 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>3</sub> -0.424650 × 10 <sup>-9</sup>	N <sub>4</sub> 0.240881 × 10 <sup>-11</sup>
条件式	ν <sub>1d</sub> = 150	

【0018】

【表3】

第3表 (実施例3)

f = 200.1, FNo. = 10.0

	曲率半径	軸上面間隔	屈折率 ( $N_d$ )	アッベ数 ( $\nu_d$ )
$r_1$	43.806	$d_1$ 5.00	屈折率分布型レンズ	
$r_2$	39.494	$d_2$ 6.50		
S	絞り	$d_2'$ 6.50		
$r_3$	-39.494	$d_3$ 5.00	屈折率分布型レンズ	
$r_4$	-43.806			

屈折率分布型レンズ

 $N_o = 1.7440$   $\nu_o = 44.9$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_2 -0.362601 \times 10^{-3}$	$N_4 -0.709050 \times 10^{-8}$
	$N_6 0.600650 \times 10^{-10}$	
F線	$N_2 -0.363507 \times 10^{-3}$	$N_4 -0.710823 \times 10^{-8}$
	$N_6 0.602152 \times 10^{-10}$	
C線	$N_2 -0.362212 \times 10^{-3}$	$N_4 -0.708290 \times 10^{-8}$
	$N_6 0.600007 \times 10^{-10}$	
条件式	$\nu_{1d} = 280$	

【0019】

\* \* 【表4】

第4表 (実施例4)

f = 200.0, FNo. = 8.0

	曲率半径	軸上面間隔	屈折率 ( $N_d$ )	アッベ数 ( $\nu_d$ )
$r_1$	60.645	$d_1$ 9.0	屈折率分布型レンズ	
$r_2$	53.608	$d_2$ 8.0		
S	絞り	$d_2'$ 8.0		
$r_3$	-53.608	$d_3$ 9.0	屈折率分布型レンズ	
$r_4$	-60.645			

屈折率分布型レンズ

 $N_o = 1.8042$   $\nu_o = 46.5$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_2 -0.195219 \times 10^{-3}$	$N_4 -0.434268 \times 10^{-8}$
	$N_6 0.229799 \times 10^{-10}$	
F線	$N_2 -0.195561 \times 10^{-3}$	$N_4 -0.435028 \times 10^{-8}$
	$N_6 0.230201 \times 10^{-10}$	
C線	$N_2 -0.195073 \times 10^{-3}$	$N_4 -0.433943 \times 10^{-8}$
	$N_6 0.229627 \times 10^{-10}$	
条件式	$\nu_{1d} = 400$	

【0020】

【表5】

	$\nu_0$	$\nu_{10}$	$\Sigma P$
実施例 1	54.8	150	0.014
実施例 2	61.1	150	0.062
実施例 3	44.9	280	0.053
実施例 4	46.5	400	0.048

【0021】次に、読み取り用レンズ系の実施例を説明する。まず第2態様の実施例として実施例5および実施例6の2例があり、そのレンズ構成を図9および図11に示す。これらのレンズ系は共に物体側に凸面を向けた第1メニスカスレンズと像側に凸面を向けた第2メニスカスレンズとから構成されている。そして、第1レンズ、第2レンズとも形状は負レンズであるが、媒質の20  
パワーが正であり、それぞれ単体のレンズとしてのトータルパワーは正である。媒質のパワーは光軸上から半径方向に広がるにつれて屈折率が小さくなっている。従って、物体側から最初の凸面 ( $r_1$ ) と媒質により正のパワー、内部の2か所の凹面 ( $r_2$ ,  $r_3$ ) が負のパワー、最後の像側の面 ( $r_4$ ) が正のパワーとなり、全体として正、負、正のパワー配置のレンズ構成となっており、いわゆるトリプレット型やガウスタイプと同様なレンズ構成になっている。そして、凸面と媒質により正のパワーが分散していることにより、諸収差の補正が良好にな30  
されている。

【0022】実施例5および実施例6のレンズデータを第6表および第7表に示し、その球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図を図10および図12にそれぞれ示す。屈折率分布は、光軸からの高さ  $r$  での屈折率を  $N(r)$ 、光軸上での屈折率を  $N_0$ 、屈折率分布係数を  $N_i$  とすると、一般に次の式で表される。

$$N(r) = N_0 + N_2 r^2 + N_4 r^4 + N_6 r^6 + N_8 r^8 + \dots$$

【0023】これらの各表においては、光軸上での第1レンズの  $d$  線の屈折率を  $N_{10}$ 、光軸上での第2レンズの  $d$  線の屈折率を  $N_{20}$ 、光軸上での第1レンズのアッベ数を  $\nu_{10}$ 、光軸上での第2レンズのアッベ数を  $\nu_{20}$ 、 $d$  線に対する2次の屈折率分布係数を  $N_{2d}$ 、 $d$  線に対する4次の屈折率分布係数を  $N_{4d}$ 、 $F$  線に対する2次の屈折率分布係数を  $N_{2F}$ 、 $C$  線に対する2次の屈折率分布係数を  $N_{2C}$  のように示している。

【0024】

【表6】

第6表 (実施例5)

 $f = 80.2$ ,  $FNo. = 6.5$ 

	曲率半径	軸上面間隔	屈折率 ( $N_d$ )	アッベ数 ( $\nu_d$ )
$r_1$	19.293	$d_1$	2.45	屈折率分布型レンズ 1
$r_2$	16.472	$d_2$	9.25	
$r_3$	-23.466	$d_3$	2.70	屈折率分布型レンズ 2
$r_4$	-32.932			

 $\Sigma d = 14.40$ 

## 屈折率分布型レンズ 1

 $N_{1d} = 1.7545$   $\nu_{1d} = 51.6$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} -0.21795 \times 10^{-2}$	$N_{4d} -0.90912 \times 10^{-7}$
	$N_{6d} 0.38546 \times 10^{-8}$	
F線	$N_{2F} -0.21875 \times 10^{-2}$	$N_{4F} -0.91247 \times 10^{-7}$
	$N_{6F} 0.38688 \times 10^{-8}$	
C線	$N_{2c} -0.21760 \times 10^{-2}$	$N_{4c} -0.90768 \times 10^{-7}$
	$N_{6c} 0.38485 \times 10^{-8}$	

## 屈折率分布型レンズ 2

 $N_{2d} = 1.6172$   $\nu_{2d} = 54.0$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} -0.25582 \times 10^{-2}$	$N_{4d} 0.43830 \times 10^{-5}$
	$N_{6d} -0.26498 \times 10^{-8}$	
F線	$N_{2F} -0.25737 \times 10^{-2}$	$N_{4F} 0.44096 \times 10^{-5}$
	$N_{6F} -0.26659 \times 10^{-8}$	
C線	$N_{2c} -0.25515 \times 10^{-2}$	$N_{4c} 0.43715 \times 10^{-5}$
	$N_{6c} -0.26429 \times 10^{-8}$	

第7表 (実施例6)

 $f = 80.5, \quad FNo. = 6.5$ 

曲率半径	軸上面間隔	屈折率 ( $N_d$ )	アッペ数 ( $\nu_d$ )
$r_1$ 19.181	$d_1$ 2.45	屈折率分布型レンズ 1	
$r_2$ 16.217	$d_2$ 9.91		
$r_3$ -24.037	$d_3$ 2.49	屈折率分布型レンズ 2	
$r_4$ -36.661			

 $\Sigma d = 14.85$ 

## 屈折率分布型レンズ 2

 $N_{10} = 1.7130 \quad \nu_{10} = 53.9$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} -0.21955 \times 10^{-2}$	$N_{4d} 0.22363 \times 10^{-6}$
	$N_{6d} 0.39555 \times 10^{-8}$	
F線	$N_{2f} -0.22032 \times 10^{-2}$	$N_{4f} 0.22441 \times 10^{-6}$
	$N_{6f} 0.39693 \times 10^{-8}$	
C線	$N_{2c} -0.21922 \times 10^{-2}$	$N_{4c} 0.22329 \times 10^{-6}$
	$N_{6c} 0.39495 \times 10^{-8}$	

## 屈折率分布型レンズ 2

 $N_{20} = 1.5714 \quad \nu_{20} = 52.6$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} -0.29765 \times 10^{-2}$	$N_{4d} 0.68516 \times 10^{-6}$
	$N_{6d} -0.83169 \times 10^{-8}$	
F線	$N_{2f} -0.29973 \times 10^{-2}$	$N_{4f} 0.68995 \times 10^{-6}$
	$N_{6f} -0.83751 \times 10^{-8}$	
C線	$N_{2c} -0.29675 \times 10^{-2}$	$N_{4c} 0.68310 \times 10^{-6}$
	$N_{6c} -0.82919 \times 10^{-8}$	

【0026】特に、軸上色収差については第1レンズお \* である。  
よび第2レンズ共に次の条件を満たしていることが必要\* 【数10】

$$\nu_{10} < \nu_{1'} \dots \dots \dots (3)$$

ただし  $\nu_{10}$ : 第1レンズの光軸上のアッペ数で

$$\nu_{1'} \text{は } \frac{N_{2d}^i}{N_{2f}^i - N_{2c}^i} \text{で表される。}$$

ここで  $N_{2d}^i$ : 第1レンズのd線の2次屈折率分布係数

$N_{2f}^i$ : 第1レンズのF線の2次屈折率分布係数

$N_{2c}^i$ : 第1レンズのC線の2次屈折率分布係数

【0027】上記条件式(3)は、主に軸上色収差を良好に補正するために必要な条件であり、この条件から外れると色収差の補正が困難になる。

【0028】また、このレンズ系は、第1レンズの焦点距離を $f_1$  (媒質、形状を含む)、第1レンズの形状の

パワーを $\phi_{1S}$ 、第1レンズの媒質のパワーを $\phi_{1M}$ 、ベッ  
ツバール和を $\Sigma P$ とすると、次の条件式を満足させる。

【0029】

【数11】

$$0.7 < \frac{f_1}{f_2} < 1.5 \dots \dots (4)$$

$$0 < \Sigma P < 0.10 \dots \dots (5)$$

$$-0.7 < \frac{\psi_{is}}{\psi_{im}} < -0.3 \dots \dots (6)$$

ただし  $f_i$  : 第  $i$  レンズの焦点距離 (媒質, 形状込み)

$\psi_{is}$  : 第  $i$  レンズの形状のパワー

$\psi_{im}$  : 第  $i$  レンズの媒質のパワー

$\Sigma P$  : ベッツパール和

【0030】上記条件式 (4) は、第1レンズと第2レンズのパワーを適切に定めるための条件である。この上限値または下限値を越えると、片方のレンズに対する収差補正の負担が大きくなって諸収差の補正が十分にできなくなってしまう。また、上記条件式 (5) は、像面湾曲を良好に補正するための条件である。ベッツパール和がこの上限値を越えると、像面湾曲の補正不足となる。また、下限値を越えると像面湾曲が補正過剰となってしまう。さらに、上記条件式 (6) は、第1レンズと第2\*

\* レンズの形状と媒質のパワーの比を適切に定めるために必要な条件である。この上限値を越えると、色収差補正が過剰となる。また、その下限値を越えると色収差補正が不足となり、コマ収差などの補正が十分にできなくなる。

【0031】上記各実施例の条件式に対応する値を表8に示す。

【0032】

【表8】

条 件 式		実 施 例 5	実 施 例 6
(3)	$\nu_1' / \nu_{10}$	190/51.57	200/53.93
	$\nu_2' / \nu_{20}$	115/54.00	100/52.85
(4)	$\frac{f_1}{f_2}$	1.094	1.151
(5)	$\Sigma P$	0.0242	0.0450
(6)	$\frac{\psi_{is}}{\psi_{im}}$	-0.393	-0.414
	$\frac{\psi_{2s}}{\psi_{2m}}$	-0.488	-0.513

【0033】次に、この発明の第3態様の実施例として実施例7および実施例8の2例があり、そのレンズ構成を図13および図15に示す。これらのレンズ系は共に物体側に凸面を向けた第1メニスカスレンズと像側に凸面を向けた第2メニスカスレンズとから構成されている。そして、第1レンズは形状は正レンズであるが媒質のパワーは負で、このレンズ単体としてのトータルパワーは正である。一方、第2レンズは形状は負レンズであ

るが、媒質のパワーが正であり、このレンズ単体としてのトータルパワーは正である。第1レンズと第2レンズの形状と媒質のパワーが逆になっており、これによって収差補正が良好に行われる。

【0034】実施例7および実施例8のレンズデータを第9表および第10表に示し、その球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図を図14および図16にそれぞれ示す。屈折率分布は、光軸からの高さ  $r$  での屈折率を

$N(r)$ , 光軸上での屈折率を $N_0$ , 屈折率分布係数を $N_i$  とすると、先の例と同様に一般に次の式で表される。

$$N(r) = N_0 + N_2 r^2 + N_4 r^4 + N_6 r^6 + N_8 r^8 + \dots$$

【0035】これらの各表においても、光軸上での第1レンズのd線の屈折率を $N_{10}$ , 光軸上での第2レンズのd線の屈折率を $N_{20}$ , 光軸上での第1レンズのアップベ数\*

\*を $\nu_{10}$ , 光軸上での第2レンズのアップベ数を $\nu_{20}$ , d線に対する2次の屈折率分布係数を $N_{2d}$ , d線に対する4次の屈折率分布係数を $N_{4d}$ , F線に対する2次の屈折率分布係数を $N_{2F}$ , C線に対する2次の屈折率分布係数を $N_{2C}$ のように示している。

【0036】

【表9】

第9表 (実施例7)

$$f = 80.0, \quad FNo. = 6.5$$

	曲率半径	軸上面間隔	屈折率( $N_d$ )	アップベ数( $\nu_d$ )
$r_1$	25.000			
$r_2$	49.999	$d_1$	3.58	屈折率分布型レンズ 1
$r_3$	-12.556	$d_2$	7.57	
$r_4$	-25.844	$d_3$	5.27	屈折率分布型レンズ 2

$$\Sigma d = 16.42$$

屈折率分布型レンズ 1

$$N_{10} = 1.7545 \quad \nu_{10} = 51.6$$

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d}$	$0.94985 \times 10^{-8}$	$N_{4d}$	$0.17564 \times 10^{-5}$
	$N_{6d}$	$-0.61095 \times 10^{-8}$	$N_{8d}$	$-0.28143 \times 10^{-10}$
F線	$N_{2F}$	$0.97644 \times 10^{-8}$	$N_{4F}$	$0.18056 \times 10^{-5}$
	$N_{6F}$	$-0.62806 \times 10^{-8}$	$N_{8F}$	$-0.28931 \times 10^{-10}$
C線	$N_{2C}$	$0.93845 \times 10^{-8}$	$N_{4C}$	$0.17354 \times 10^{-5}$
	$N_{6C}$	$-0.60362 \times 10^{-8}$	$N_{8C}$	$-0.27805 \times 10^{-10}$

屈折率分布型レンズ 2

$$N_{20} = 1.5891 \quad \nu_{20} = 61.1$$

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d}$	$-0.23564 \times 10^{-8}$	$N_{4d}$	$0.47788 \times 10^{-5}$
	$N_{6d}$	$-0.89227 \times 10^{-8}$	$N_{8d}$	$0.97269 \times 10^{-10}$
F線	$N_{2F}$	$-0.23729 \times 10^{-8}$	$N_{4F}$	$0.48122 \times 10^{-5}$
	$N_{6F}$	$-0.89852 \times 10^{-8}$	$N_{8F}$	$0.97950 \times 10^{-10}$
C線	$N_{2C}$	$-0.23493 \times 10^{-8}$	$N_{4C}$	$0.47644 \times 10^{-5}$
	$N_{6C}$	$-0.88960 \times 10^{-8}$	$N_{8C}$	$0.96977 \times 10^{-10}$

【0037】

【表10】



第10表 (実施例8)

f = 80.0, FNo. = 6.5

曲率半径	軸上面間隔	屈折率 (N <sub>a</sub> )	アッペ数 (ν <sub>a</sub> )
r <sub>1</sub> 28.000	d <sub>1</sub> 3.49	屈折率分布型レンズ 1	
r <sub>2</sub> 49.999	d <sub>2</sub> 8.07		
r <sub>3</sub> -12.786	d <sub>3</sub> 4.90	屈折率分布型レンズ 2	
r <sub>4</sub> -23.526			

Σd = 16.45

## 屈折率分布型レンズ 1

N<sub>10</sub> = 1.7545 ν<sub>10</sub> = 51.6

(屈折率分布係数)

d線	N <sub>2d</sub> 0.58480 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>4d</sub> 0.44491 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6d</sub> -0.51571 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>8d</sub> -0.28058 × 10 <sup>-10</sup>
F線	N <sub>2F</sub> 0.60634 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>4F</sub> 0.46130 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6F</sub> -0.53470 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>8F</sub> -0.29092 × 10 <sup>-10</sup>
C線	N <sub>2c</sub> 0.57557 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>4c</sub> 0.43788 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6c</sub> -0.50756 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>8c</sub> -0.27615 × 10 <sup>-10</sup>

## 屈折率分布型レンズ 2

N<sub>20</sub> = 1.5891 ν<sub>20</sub> = 61.1

(屈折率分布係数)

d線	N <sub>2d</sub> -0.22997 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4d</sub> 0.38522 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6d</sub> -0.81238 × 10 <sup>-6</sup>	N <sub>8d</sub> 0.97324 × 10 <sup>-10</sup>
F線	N <sub>2F</sub> -0.23150 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4F</sub> 0.38778 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6F</sub> -0.81780 × 10 <sup>-6</sup>	N <sub>8F</sub> 0.97972 × 10 <sup>-10</sup>
C線	N <sub>2c</sub> -0.22931 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4c</sub> 0.38411 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6c</sub> -0.81006 × 10 <sup>-6</sup>	N <sub>8c</sub> 0.97045 × 10 <sup>-10</sup>

【0038】特に、軸上色収差については第1レンズおよび第2レンズ共に次の条件を満たしていることが必要\* である。  
【数12】

$$0 < \nu_1' < \nu_{10} \cdots (7)$$

ただし  $\nu_1'$  は  $\frac{N_{2d}}{N_{2F} - N_{2c}}$  から計算される。

ここで N<sub>2d</sub>: 第1レンズのd線の2次屈折率分布係数

N<sub>2F</sub>: 第1レンズのF線の2次屈折率分布係数

N<sub>2c</sub>: 第1レンズのC線の2次屈折率分布係数

ν<sub>10</sub>: 第1レンズの光軸上でのアッペ数

【0039】上記条件式(7)は、アッペ数をこのような範囲に設定することにより、色収差、特に軸上色収差を抑えるのに必要である。この条件を外れるといずれも色収差の補正ができなくなる。

【0040】また、この第3態様の実施例7および実施例8のレンズ系は、全系の焦点距離をf、第1レンズの形状、媒質のトータルの焦点距離をf<sub>1</sub>、第2レンズの形状、媒質のトータルの焦点距離をf<sub>2</sub>、第2レンズの

形状のパワーを $\psi_{2S}$ 、第2レンズの媒質のパワーを $\psi_{2M}$ 、ベッツパール和を $\Sigma P$ とすると次の条件式を満足させる。

\*【0041】

【数13】

\*

$$2 < \frac{f_2}{f} < 3 \dots \dots \dots (8)$$

$$-0.9 < \frac{\psi_{2S}}{\psi_{2M}} < -0.7 \dots \dots (9)$$

$$-0.01 < \Sigma P < 0.05 \dots \dots (10)$$

$$0.3 < \frac{f_1}{f_2} < 0.7 \dots \dots (11)$$

ただし  $f$  : 全系の焦点距離

$f_1$  : 第1レンズの焦点距離 (媒質、形状のトータル)

$f_2$  : 第2レンズの焦点距離 (媒質、形状のトータル)

$\psi_{2S}$  : 第2レンズの形状のパワー

$\psi_{2M}$  : 第2レンズの媒質のパワー

$\Sigma P$  : ベッツパール和

【0042】上記条件式(8)は、第2レンズのパワーを定める条件であり、この上限値を越えると形状のパワーが大きくなり過ぎて収差発生量が大きくなり、球面収差、非点収差が補正過剰となる。これを解消するためにはさらに屈折率差を大きくしなければならず、製造上の負担が大きくなり実用的でなくなる。また、下限値を越えると、媒質によるパワーが大きくなり、色収差の補正が過剰となる。上記条件式(9)は、第2レンズの形状と媒質のパワーを適切に定めるための条件で、上限値を越えると媒質のパワーが形状のパワーと比べて大きくなるため色収差の補正が過剰となる。また、下限値を越えると形状のパワーが大きくなり、コマ収差などの補正が十分にできなくなる。上記条件式(10)は、像面湾曲

を補正するために必要な条件で、上限値を越えると像面湾曲が補正不足になる。また、下限値を越えると像面湾曲が補正過剰になる。上記条件式(11)は、第1レンズと第2レンズのパワーを定めるための条件で、この上限値を越えると第2レンズへの負担が大きくなり、十分な収差補正ができなくなる。また、下限値を越えると、第1レンズの正のパワーが強まり、球面収差、非点収差ともに補正不足となってしまふ。

【0043】上記各実施例の条件式に対応する値を表11に示す。

【0044】

【表11】

条件式	実施例 7	実施例 8
(7) $\frac{\nu_{1'}}{\nu_{10}}$	$\frac{25}{51.6}$	$\frac{19}{51.6}$
(8) $\frac{f_1}{f}$	2.565	2.281
(9) $\frac{\psi_{22}}{\psi_{12}}$	-0.828	-0.776
(10) $\Sigma P$	-0.0013	0.0118
(11) $\frac{f_1}{f_2}$	0.523	0.635

【0045】次に、この発明の第4態様の実施例として実施例9および実施例10の2例があり、そのレンズ構成を図17および図19に示す。これらのレンズ系は共に物体側に凸面を向けた第1メニスカスレンズと像側に凸面を向けた第2メニスカスレンズとから構成されている。そして、第1レンズは形状は負レンズであるが媒質のパワーは正で、このレンズ単体としてのトータルパワーは正である。一方、第2レンズは形状は正レンズで媒質のパワーが正であり、このレンズ単体としてのトータルパワーは正である。

【0046】実施例9および実施例10のレンズデータを第12表および第13表に示し、その球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図を図18および図20にそれぞれ示す。屈折率分布は、光軸からの高さrでの屈折率をN(r)、光軸上での屈折率をN<sub>0</sub>、屈折率分布係

数をN<sub>i</sub>とすると、先の例と同様に一般に次の式で表される。

$$N(r) = N_0 + N_2 r^2 + N_4 r^4 + N_6 r^6 + N_8 r^8 + \dots$$

【0047】これらの各表においても、光軸上での第1レンズのd線の屈折率をN<sub>10</sub>、光軸上での第2レンズのd線の屈折率をN<sub>20</sub>、光軸上での第1レンズのアッベ数をν<sub>10</sub>、光軸上での第2レンズのアッベ数をν<sub>20</sub>、d線に対する2次の屈折率分布係数をN<sub>2d</sub>、d線に対する4次の屈折率分布係数をN<sub>4d</sub>、F線に対する2次の屈折率分布係数をN<sub>2F</sub>、C線に対する2次の屈折率分布係数をN<sub>2C</sub>のように示している。

【0048】  
【表12】

第 12 表 (実施例 9)

f = 80.9, FNo. = 6.5

	曲率半径	軸上面間隔	屈折率 (N <sub>d</sub> )	アベ 数 (ν <sub>d</sub> )
r <sub>1</sub>	40.160			
r <sub>2</sub>	22.988	d <sub>1</sub> 3.34	屈折率分布型レンズ 1	
r <sub>3</sub>	-28.197	d <sub>2</sub> 14.09		
r <sub>4</sub>	-26.458	d <sub>3</sub> 2.45	屈折率分布型レンズ 2	

 $\Sigma d = 19.88$ 

## 屈折率分布型レンズ 1

N<sub>10</sub> = 1.7725 ν<sub>10</sub> = 49.8

(屈折率分布係数)

d線	N <sub>2d</sub> -0.28449 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4d</sub> 0.59569 × 10 <sup>-5</sup>
	N <sub>6d</sub> -0.70296 × 10 <sup>-8</sup>	
F線	N <sub>2F</sub> -0.28698 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4F</sub> 0.60090 × 10 <sup>-5</sup>
	N <sub>6F</sub> -0.70911 × 10 <sup>-8</sup>	
C線	N <sub>2c</sub> -0.28343 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4c</sub> 0.59346 × 10 <sup>-5</sup>
	N <sub>6c</sub> -0.70033 × 10 <sup>-8</sup>	

## 屈折率分布型レンズ 2

N<sub>20</sub> = 1.7545 ν<sub>20</sub> = 51.6

(屈折率分布係数)

d線	N <sub>2d</sub> -0.99339 × 10 <sup>-3</sup>	N <sub>4d</sub> -0.79429 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6d</sub> -0.21551 × 10 <sup>-8</sup>	
F線	N <sub>2F</sub> -0.98607 × 10 <sup>-3</sup>	N <sub>4F</sub> -0.78844 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6F</sub> -0.21392 × 10 <sup>-8</sup>	
C線	N <sub>2c</sub> -0.99652 × 10 <sup>-3</sup>	N <sub>4c</sub> -0.79680 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6c</sub> -0.21619 × 10 <sup>-8</sup>	

【0049】

【表13】

第 13 表 (実施例 10)

f = 80.9, FNo. = 6.5

曲率半径	軸上面間隔	屈折率 ( $N_d$ )	アッベ 数 ( $\nu_d$ )
$r_1$ 35.031	$d_1$ 2.82	屈折率分布型レンズ 1	
$r_2$ 20.673	$d_2$ 13.15		
$r_3$ -30.084	$d_3$ 3.00	屈折率分布型レンズ 2	
$r_4$ -25.638			

 $\Sigma d = 18.97$ 

## 屈折率分布型レンズ 1

 $N_{10} = 1.8050$   $\nu_{10} = 41.0$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} -0.38397 \times 10^{-2}$	$N_{4d} 0.10307 \times 10^{-4}$
	$N_{6d} -0.17589 \times 10^{-7}$	
F線	$N_{2F} -0.38780 \times 10^{-2}$	$N_{4F} 0.10410 \times 10^{-4}$
	$N_{6F} -0.17765 \times 10^{-7}$	
C線	$N_{2C} -0.38232 \times 10^{-2}$	$N_{4C} 0.10262 \times 10^{-4}$
	$N_{6C} -0.17514 \times 10^{-7}$	

## 屈折率分布型レンズ 2

 $N_{20} = 1.6385$   $\nu_{20} = 55.6$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} -0.40338 \times 10^{-2}$	$N_{4d} -0.11601 \times 10^{-7}$
	$N_{6d} -0.20875 \times 10^{-9}$	
F線	$N_{2F} -0.39774 \times 10^{-2}$	$N_{4F} -0.11439 \times 10^{-7}$
	$N_{6F} -0.20582 \times 10^{-9}$	
C線	$N_{2C} -0.40580 \times 10^{-2}$	$N_{4C} -0.11671 \times 10^{-7}$
	$N_{6C} -0.21000 \times 10^{-9}$	

【0050】このレンズ系においては、軸上色収差などを補正するために次の条件式を満たしていることが必要

である。

【数14】

$$\nu_{10} < \nu_1' \cdots \cdots (12)$$

$$\nu_2' < 0 \cdots \cdots (13)$$

$$-2 < \frac{\nu_1'}{\nu_2'} < -0.5 \cdots \cdots (14)$$

ただし  $\nu_{10}$ : 第1レンズの光軸上のアッベ数

$$\nu_1' : \frac{N_{2d}}{N_{2F} - N_{2C}} \quad (\text{媒質のアッベ数})$$

ここで  $N_{2d}$ : 第1レンズのd線の2次屈折率分布係数

$N_{2F}$ : 第1レンズのF線の2次屈折率分布係数

$N_{2C}$ : 第1レンズのC線の2次屈折率分布係数

【0051】上記条件式(12), (13)は、主に軸上色収差を良好に補正するのに第1レンズおよび第2レンズに必要な条件である。また、上記条件式(14)は、トータルとして軸上色収差と倍率色収差をバランス良く補正するのに必要な条件である。もし、条件式(12), (13)が満たされて、条件式(14)が満たされていないと、トータルとしては軸上色収差と倍率色収差の両方の補正が困難になってしまう。

【0052】また、この第4態様の実施例9および実施\*

\*例10のレンズ系は、全系の焦点距離をf、第1レンズの形状、媒質のトータルの焦点距離を $f_1$ 、第2レンズの形状、媒質のトータルの焦点距離を $f_2$ 、第2レンズの形状のパワーを $\psi_{2s}$ 、第2レンズの媒質のパワーを $\psi_{2m}$ 、ペッツバル和を $\Sigma P$ とすると次の条件式を満足させる。

【0053】

【数15】

$$0.8 < \frac{f_1}{f_2} < 1.5 \cdots \cdots (15)$$

$$0.04 < \Sigma P < 0.11 \cdots \cdots (16)$$

$$\frac{\psi_{2s}}{\psi_{2m}} < 2.5 \cdots \cdots (17)$$

【0054】上記条件式(15)は、第1レンズと第2レンズのパワーを定めるための条件で、その下限値または上限値を越えると、片方のレンズに対する収差補正の負担が大きくなり、諸収差の補正が十分行うことができなくなる。上記条件式(16)は、像面湾曲を補正するのに必要な条件である。その上限値を越えると像面湾曲が補正不足となり、また、下限値を越えると像面湾曲が補正過剰となる。上記条件式(17)は、第2レンズの

形状と媒質のパワーを適切に定めるための条件である。その上限値を越えると、形状のパワーに比べて媒質のパワーが小さくなるので、倍率色収差の補正が困難になる。

【0055】上記各実施例の条件式に対応する値を表14に示す。

【0056】

【表14】

条件式	実施例 9	実施例 10
(12) $\frac{\nu_{1'}}{\nu_{10}}$	$\frac{80}{49.77}$	$\frac{70}{40.97}$
(13) $\nu_{2'}$	-95	-50
(14) $\frac{\nu_{1'}}{\nu_{2'}}$	-0.84	-1.40
(15) $\frac{f_1}{f_2}$	1.28	1.07
(16) $\Sigma P$	0.07	0.08
(17) $\frac{\psi_{20}}{\psi_{2M}}$	0.58	1.92

【0057】次に、この発明の第5態様の実施例として実施例11、実施例12および実施例13の3例があり、そのレンズ構成を図21、図23および図25に示す。これらのレンズ系は共に物体側に凸面を向けた第1メニスカスレンズと像側に凸面を向けた第2メニスカスレンズとから構成されている。そして、第1レンズは形状は正レンズで媒質のパワーも正で、このレンズ単体としてのトータルパワーは正である。一方、第2レンズは

【0058】実施例11、実施例12および実施例13のレンズデータを第15表、第16表および第17表に示し、その球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図を図22、図24および図26にそれぞれ示す。屈折率分布は、光軸からの高さrでの屈折率をN(r)、光軸

上での屈折率をN0、屈折率分布係数をNiとすると、先の例と同様に一般に次の式で表される。

$$N(r) = N_0 + N_2 r^2 + N_4 r^4 + N_6 r^6 + N_8 r^8 + \dots$$

【0059】これらの各表においても、光軸上での第1レンズのd線の屈折率をN10、光軸上での第2レンズのd線の屈折率をN20、光軸上での第1レンズのアッベ数をν10、光軸上での第2レンズのアッベ数をν20、d線に対する2次の屈折率分布係数をN2d、d線に対する4次の屈折率分布係数をN4d、F線に対する2次の屈折率分布係数をN2F、C線に対する2次の屈折率分布係数をN2Cのように示している。

【0060】

【表15】

第15表 (実施例11)

f = 80.0, FNo. = 6.5

曲率半径	軸上面間隔	屈折率 (N <sub>d</sub> )	アベ数 (ν <sub>d</sub> )
r <sub>1</sub> 43.132	d <sub>1</sub> 3.75	屈折率分布型レンズ 1	
r <sub>2</sub> 44.029	d <sub>2</sub> 8.69		
r <sub>3</sub> -13.523	d <sub>3</sub> 3.74	屈折率分布型レンズ 2	
r <sub>4</sub> -19.086			

 $\Sigma d = 16.18$ 

屈折率分布型レンズ 1

N<sub>10</sub> = 1.7545 ν<sub>10</sub> = 51.6

(屈折率分布係数)

d線	N <sub>2d</sub> -0.88634 × 10 <sup>-3</sup>	N <sub>4d</sub> -0.51065 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6d</sub> 0.22210 × 10 <sup>-9</sup>	N <sub>8d</sub> -0.26181 × 10 <sup>-10</sup>
F線	N <sub>2F</sub> -0.88944 × 10 <sup>-3</sup>	N <sub>4F</sub> -0.51244 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6F</sub> 0.22288 × 10 <sup>-9</sup>	N <sub>8F</sub> -0.26273 × 10 <sup>-10</sup>
C線	N <sub>2c</sub> -0.88501 × 10 <sup>-3</sup>	N <sub>4c</sub> -0.50988 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6c</sub> 0.22177 × 10 <sup>-9</sup>	N <sub>8c</sub> -0.26142 × 10 <sup>-10</sup>

屈折率分布型レンズ 2

N<sub>20</sub> = 1.5891 ν<sub>20</sub> = 61.1

(屈折率分布係数)

d線	N <sub>2d</sub> -0.20947 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4d</sub> 0.14782 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6d</sub> -0.58140 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>8d</sub> 0.95624 × 10 <sup>-10</sup>
F線	N <sub>2F</sub> -0.21021 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4F</sub> 0.14834 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6F</sub> -0.58344 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>8F</sub> 0.95959 × 10 <sup>-10</sup>
C線	N <sub>2c</sub> -0.20916 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4c</sub> 0.14760 × 10 <sup>-6</sup>
	N <sub>6c</sub> -0.58053 × 10 <sup>-8</sup>	N <sub>8c</sub> 0.95481 × 10 <sup>-10</sup>

【0061】

【表16】



第16表 (実施例12)

f = 80.0, FNo. = 6.5

曲率半径	軸上面間隔	屈折率( $N_d$ )	アッベ数( $\nu_d$ )
$r_1$ 39.623	$d_1$ 4.68	屈折率分布型レンズ 1	
$r_2$ 40.503	$d_2$ 6.33		
$r_3$ -13.324	$d_3$ 4.23	屈折率分布型レンズ 2	
$r_4$ -19.496			

 $\Sigma d = 15.24$ 

屈折率分布型レンズ 1

 $N_{10} = 1.5891$   $\nu_{10} = 61.1$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} -0.78198 \times 10^{-3}$	$N_{4d} -0.11672 \times 10^{-5}$
	$N_{6d} 0.76312 \times 10^{-5}$	$N_{8d} -0.16338 \times 10^{-9}$
F線	$N_{2f} -0.78447 \times 10^{-3}$	$N_{4f} -0.11709 \times 10^{-5}$
	$N_{6f} 0.76555 \times 10^{-5}$	$N_{8f} -0.16390 \times 10^{-9}$
C線	$N_{2c} -0.78091 \times 10^{-3}$	$N_{4c} -0.11656 \times 10^{-5}$
	$N_{6c} 0.76208 \times 10^{-5}$	$N_{8c} -0.16316 \times 10^{-9}$

屈折率分布型レンズ 2

 $N_{20} = 1.5891$   $\nu_{20} = 61.1$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} -0.18907 \times 10^{-2}$	$N_{4d} 0.17720 \times 10^{-5}$
	$N_{6d} -0.14520 \times 10^{-7}$	$N_{8d} 0.22788 \times 10^{-9}$
F線	$N_{2f} -0.18985 \times 10^{-2}$	$N_{4f} 0.17792 \times 10^{-5}$
	$N_{6f} -0.14579 \times 10^{-7}$	$N_{8f} 0.22882 \times 10^{-9}$
C線	$N_{2c} -0.18874 \times 10^{-2}$	$N_{4c} 0.17688 \times 10^{-5}$
	$N_{6c} -0.14494 \times 10^{-7}$	$N_{8c} 0.22748 \times 10^{-9}$

【0062】

【表17】

第 17 表 (実施例 13)

 $f = 80.0$ ,  $FNo. = 6.5$ 

	曲率半径	軸上面間隔	屈折率 ( $N_d$ )	アベ 数 ( $\nu_d$ )
$r_1$	38.933			
		$d_1$	4.49	屈折率分布型レンズ 1
$r_2$	44.339			
		$d_2$	5.99	
$r_3$	-13.242			
		$d_3$	4.41	屈折率分布型レンズ 2
$r_4$	-19.031			

 $\Sigma d = 14.89$ 

## 屈折率分布型レンズ 1

 $N_{10} = 1.7130$   $\nu_{10} = 53.9$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} -0.63960 \times 10^{-8}$	$N_{4d} -0.16052 \times 10^{-5}$
	$N_{6d} 0.66213 \times 10^{-8}$	$N_{8d} -0.16914 \times 10^{-9}$
F線	$N_{2F} -0.64209 \times 10^{-8}$	$N_{4F} -0.16114 \times 10^{-5}$
	$N_{6F} 0.66471 \times 10^{-8}$	$N_{8F} -0.16980 \times 10^{-9}$
C線	$N_{2c} -0.63854 \times 10^{-8}$	$N_{4c} -0.16025 \times 10^{-5}$
	$N_{6c} 0.66103 \times 10^{-8}$	$N_{8c} -0.16886 \times 10^{-9}$

## 屈折率分布型レンズ 2

 $N_{20} = 1.5814$   $\nu_{20} = 40.9$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} -0.16705 \times 10^{-2}$	$N_{4d} 0.16099 \times 10^{-5}$
	$N_{6d} -0.18662 \times 10^{-7}$	$N_{8d} 0.27776 \times 10^{-9}$
F線	$N_{2F} -0.16783 \times 10^{-2}$	$N_{4F} 0.16174 \times 10^{-5}$
	$N_{6F} -0.18749 \times 10^{-7}$	$N_{8F} 0.27906 \times 10^{-9}$
C線	$N_{2c} -0.16672 \times 10^{-2}$	$N_{4c} 0.16067 \times 10^{-5}$
	$N_{6c} -0.18625 \times 10^{-7}$	$N_{8c} 0.27720 \times 10^{-9}$

【0063】これらのレンズ系は次の条件式を満たしていることが必要である。

【0064】

【数16】

$$\nu_{20} < \nu_2' \dots\dots\dots (18)$$

$$1.3 < \frac{f_2}{f} < 2.5 \dots\dots (19)$$

$$0.1 < \frac{\psi_{1s}}{\psi_{1M}} < 1 \dots\dots (20)$$

$$-0.7 < \frac{\psi_{2s}}{\psi_{2M}} < -0.5 \dots\dots (21)$$

$$0 < \Sigma P < 0.015 \dots\dots\dots (22)$$

$$0.5 < \frac{f_1}{f_2} < 1 \dots\dots\dots (23)$$

ただし

$\nu_{20}$ : 第2レンズの光軸上でのアッベ数

$\nu_2'$ :  $\frac{N_{2d}}{N_{2F} - N_{2C}}$  から計算される。

ここで  $N_{2d}$ : 第2レンズのd線の2次屈折率分布係数

$N_{2F}$ : 第2レンズのF線の2次屈折率分布係数

$N_{2C}$ : 第2レンズのC線の2次屈折率分布係数

$f$ : 全系の焦点距離 (媒質, 形状のトータル)

$f_1$ : 第1レンズの焦点距離 (媒質, 形状のトータル)

$f_2$ : 第2レンズの焦点距離 (媒質, 形状のトータル)

$\psi_{2s}$ : 第2レンズの形状のパワー

$\psi_{2M}$ : 第2レンズの媒質のパワー

$\Sigma P$ : ベッツパール和

$\psi_{1s}$ : 第1レンズの形状のパワー

$\psi_{1M}$ : 第1レンズの媒質のパワー

【0065】上記条件式(18)は、色収差を補正するための条件で、この条件を外れると色収差の補正ができなくなる。上記条件式(19)は、第2レンズのパワーを定める条件で、その上限値を越えると、形状のパワーが大きくなり過ぎて収差発生量が大きくなり、球面収差、非点収差が補正過剰になる。このような収差を補正しようとする、さらに屈折率を大きくしなければなら

ず、製造上の負担も大きくなり実用的でなくなる。また、下限値を越えると、媒質によるパワーが大きくなり、特に色収差の補正が過剰になる。上記条件式(20)は、第1レンズの形状と媒質のパワーを定めるための条件で、その上限値を越えると色収差が補正不足となる。また、下限値を越えると、媒質によるパワーが大きくなり、球面収差が補正過剰となる。

【0066】上記条件式(21)は、第2レンズの形状と媒質のパワーを適切に定めるための条件で、その上限値を越えると、媒質のパワーが形状のパワーと比べて大きくなるため、色収差の補正が過剰となる。また、下限値を越えると、形状のパワーが大きくなり、コマ収差などの補正が十分にできなくなる。上記条件式(22)は、像面湾曲を補正するために必要な条件で、その上限値を越えると、像面湾曲が補正不足になり、また、下限値を越えると、像面湾曲が補正過剰になってしまう。上\*

\*記条件式(23)は、第1レンズと第2レンズのパワーを定めるための条件で、その上限値を越えると、第2レンズへの負担が大きくなり、十分な収差補正ができなくなる。また、下限値を越えると、第1レンズの正のパワーが強まり、球面収差、非点収差共に補正不足となる。

【0067】上記各実施例の条件式に対応する値を表18に示す。

【0068】

【表18】

条件式	実施例11	実施例12	実施例13
(18) $\frac{\nu_{20}}{\nu_{2'}}$	200	170	150
(19) $\frac{f_2}{f}$	1.99	2.19	1.44
(20) $\frac{\psi_{1a}}{\psi_{1M}}$	0.15	0.13	0.52
(21) $\frac{\psi_{2a}}{\psi_{2M}}$	-0.61	-0.65	-0.65
(22) $\Sigma P$	0.0046	0.0083	0.0100
(23) $\frac{f_1}{f_2}$	0.82	0.69	0.61

【0069】次に、この発明の第6態様の実施例として実施例14および実施例15の2例があり、そのレンズ構成を図27および図29に示す。これらのレンズ系は共に物体側に凸面を向けた第1メニスカスレンズと像側に凸面を向けた第2メニスカスレンズとから構成されている。そして、第1レンズは形状は負レンズで媒質のパワーは正で、このレンズ単体としてのトータルパワーは正である。一方、第2レンズは形状は正レンズで媒質のパワーが負であり、このレンズ単体としてのトータルパワーは正である。第1レンズと第2レンズとでは形状と媒質のパワーが逆になっていて、これによって良好な収差補正がなされる。

【0070】実施例14および実施例15のレンズデータを第19表および第20表に示し、その球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図を図28および図30にそれぞれ示す。屈折率分布は、光軸からの高さrでの屈

折率をN(r)、光軸上での屈折率をN<sub>0</sub>、屈折率分布係数をN<sub>i</sub>とすると、先の例と同様に一般に次の式で表される。

$$N(r) = N_0 + N_2 r^2 + N_4 r^4 + N_6 r^6 + N_8 r^8 + \dots$$

【0071】これらの各表においても、光軸上での第1レンズのd線の屈折率をN<sub>10</sub>、光軸上での第2レンズのd線の屈折率をN<sub>20</sub>、光軸上での第1レンズのアッベ数をν<sub>10</sub>、光軸上での第2レンズのアッベ数をν<sub>20</sub>、d線に対する2次の屈折率分布係数をN<sub>2d</sub>、d線に対する4次の屈折率分布係数をN<sub>4d</sub>、F線に対する2次の屈折率分布係数をN<sub>2F</sub>、C線に対する2次の屈折率分布係数をN<sub>2C</sub>のように示している。

【0072】

【表19】

第19表 (実施例14)

f = 80.0, FNo. = 6.5

	曲率半径	軸上面間隔	屈折率 (N <sub>d</sub> )	アッベ 数 (ν <sub>d</sub> )
r <sub>1</sub>	18.384	d <sub>1</sub>	2.52	屈折率分布型レンズ 1
r <sub>2</sub>	10.443	d <sub>2</sub>	5.64	
r <sub>3</sub>	-29.998	d <sub>3</sub>	2.17	屈折率分布型レンズ 2
r <sub>4</sub>	-16.968			

Σ d = 10.33

## 屈折率分布型レンズ 1

N<sub>10</sub> = 1.6910 ν<sub>10</sub> = 54.8

(屈折率分布係数)

d線	N <sub>2d</sub> -0.57933 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4d</sub> 0.26979 × 10 <sup>-4</sup>
	N <sub>6d</sub> -0.29548 × 10 <sup>-7</sup>	N <sub>8d</sub> 0.78201 × 10 <sup>-10</sup>
F線	N <sub>2f</sub> -0.58557 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4f</sub> 0.27270 × 10 <sup>-4</sup>
	N <sub>6f</sub> -0.29866 × 10 <sup>-7</sup>	N <sub>8f</sub> 0.79043 × 10 <sup>-10</sup>
C線	N <sub>2c</sub> -0.57666 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4c</sub> 0.26855 × 10 <sup>-4</sup>
	N <sub>6c</sub> -0.29412 × 10 <sup>-7</sup>	N <sub>8c</sub> 0.77840 × 10 <sup>-10</sup>

## 屈折率分布型レンズ 2

N<sub>20</sub> = 1.6545 ν<sub>20</sub> = 33.9

(屈折率分布係数)

d線	N <sub>2d</sub> 0.20775 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4d</sub> 0.14042 × 10 <sup>-4</sup>
	N <sub>6d</sub> -0.11763 × 10 <sup>-7</sup>	N <sub>8d</sub> -0.47234 × 10 <sup>-9</sup>
F線	N <sub>2f</sub> 0.21745 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4f</sub> 0.14697 × 10 <sup>-4</sup>
	N <sub>6f</sub> -0.12312 × 10 <sup>-7</sup>	N <sub>8f</sub> -0.49438 × 10 <sup>-9</sup>
C線	N <sub>2c</sub> 0.20360 × 10 <sup>-2</sup>	N <sub>4c</sub> 0.13761 × 10 <sup>-4</sup>
	N <sub>6c</sub> -0.11528 × 10 <sup>-7</sup>	N <sub>8c</sub> -0.46289 × 10 <sup>-9</sup>

【0073】

【表20】

第20表 (実施例15)

f = 80.0, FNo. = 6.5

	曲率半径	軸上面間隔	屈折率 ( $N_d$ )	アベ数 ( $\nu_d$ )
$r_1$	38.813			
		$d_1$	4.39	
$r_2$	15.300			屈折率分布型レンズ 1
		$d_2$	4.16	
$r_3$	-29.998			
		$d_3$	3.77	
$r_4$	-16.967			屈折率分布型レンズ 2

 $\Sigma d = 12.32$ 

## 屈折率分布型レンズ 1

 $N_{10} = 1.6968 \quad \nu_{10} = 56.5$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} -0.34784 \times 10^{-2}$	$N_{4d} 0.12825 \times 10^{-4}$
	$N_{6d} -0.29111 \times 10^{-7}$	$N_{8d} 0.25278 \times 10^{-9}$
F線	$N_{2F} -0.35132 \times 10^{-2}$	$N_{4F} 0.12953 \times 10^{-4}$
	$N_{6F} -0.29402 \times 10^{-7}$	$N_{8F} 0.25531 \times 10^{-9}$
C線	$N_{2c} -0.34635 \times 10^{-2}$	$N_{4c} 0.12770 \times 10^{-4}$
	$N_{6c} -0.28986 \times 10^{-7}$	$N_{8c} 0.25169 \times 10^{-9}$

## 屈折率分布型レンズ 2

 $N_2 = 1.5891 \quad \nu_2 = 61.1$ 

(屈折率分布係数)

d線	$N_{2d} 0.11611 \times 10^{-2}$	$N_{4d} 0.43793 \times 10^{-5}$
	$N_{6d} 0.31491 \times 10^{-7}$	$N_{8d} -0.45023 \times 10^{-9}$
F線	$N_{2F} 0.11901 \times 10^{-2}$	$N_{4F} 0.44888 \times 10^{-5}$
	$N_{6F} 0.32278 \times 10^{-7}$	$N_{8F} -0.46149 \times 10^{-9}$
C線	$N_{2c} 0.11486 \times 10^{-2}$	$N_{4c} 0.43324 \times 10^{-5}$
	$N_{6c} 0.31153 \times 10^{-7}$	$N_{8c} -0.44541 \times 10^{-9}$

【0074】これらのレンズ系においては次の条件を満たしていることが必要である。 \* 【0075】

\* 【数17】

$$\nu_1' < \nu_{10} \dots\dots\dots (24)$$

$$0 < \nu_2' < \nu_{20} \dots\dots\dots (25)$$

$$-2.2 < \frac{\psi_{2s}}{\psi_{2M}} < -1.0 \dots\dots (26)$$

$$-1.0 < \frac{\psi_{1s}}{\psi_{1M}} < -0.6 \dots\dots (27)$$

$$0.1 < \Sigma P < 0.2 \dots\dots (28)$$

$$1.0 < \frac{f_1}{f_2} < 2.0 \dots\dots (29)$$

【0076】上記条件式(24), (25)は、色収差 50 を補正するための条件で、この条件を外れると色収差の

補正ができなくなる。上記条件式(26)は、第2レンズの形状と媒質のパワーを定める条件で、その下限値を越えると、球面収差が補正不足となるほか、コマ収差、色収差の補正が十分にできなくなる。上限値を越えると、球面収差が補正過剰となるほか像面湾曲が大きくなる。上記条件式(27)は、第1レンズの形状と媒質のパワーを定めるための条件で、その上限値を越えると球面収差が補正不足となる。また、下限値を越えると、球面収差が補正過剰となるほか色収差の補正が十分にできなくなる

【0077】上記条件式(28)は、像面湾曲を補正するために必要な条件で、その上限値を越えると、像面湾\*

\*曲が補正不足となり、また、下限値を越えると、像面湾曲が補正過剰となる。上記条件式(29)は、第1レンズと第2レンズのパワーを定めるための条件で、その上限値を越えると、第2レンズへの負担が大きくなり、球面収差が補正不足になるほか非点収差が補正不足となる。また、下限値を越えると、第1レンズの正のパワーが強まり、色収差の補正と非点収差の補正のバランスが採れなくなる。

【0078】上記各実施例の条件式に対応する値を表21に示す。

【0079】

【表21】

条件式	実施例14	実施例15
(24) $\frac{\nu_1'}{\nu_{10}}$	$\frac{65}{54.75}$	$\frac{70}{56.47}$
(25) $\frac{\nu_2'}{\nu_{20}}$	$\frac{15}{33.86}$	$\frac{28}{61.11}$
(26) $\frac{\psi_{20}}{\psi_{2M}}$	-1.98	-1.27
(27) $\frac{\psi_{1M}}{\psi_{1m}}$	-0.85	-0.88
(28) $\Sigma P$	0.13	0.18
(29) $\frac{f_1}{f_2}$	1.78	1.42

【0080】

【発明の効果】以上説明したとおり、この発明の屈折率分布型レンズを用いた複写機用レンズ系および読み取り用レンズ系は、ラジアル型の屈折率分布型レンズを用いることにより最も簡単な対称型のレンズ構成をして2枚と少枚数で十分な色収差が補正された複写機用レンズ系および読み取り用レンズ系となっている。そして、バックフォーカスの $\Sigma d/f$ の値が0.2以下であり、均質球面レンズ系のほぼ3割減とすることが可能で、一層の小型軽量化が図られる。そして、鏡胴構成も簡単になり、従来の均質系の球面レンズのものに比べて格段に優れたものを得ることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1のレンズ構成を示す断面図、

【図2】図1に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

【図3】この発明の実施例6のレンズ構成を示す断面図、

【図4】図3に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

30 【図5】この発明の実施例3のレンズ構成を示す断面図、

【図6】図5に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

【図7】この発明の実施例4のレンズ構成を示す断面図、

【図8】図7に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

【図9】この発明の実施例5のレンズ構成を示す断面図、

40 【図10】図9に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

【図11】この発明の実施例6のレンズ構成を示す断面図、

【図12】図11に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

【図13】この発明の実施例7のレンズ構成を示す断面図、

【図14】図13に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

50 【図15】この発明の実施例8のレンズ構成を示す断面図、

図、

【図16】図15に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

【図17】この発明の実施例9のレンズ構成を示す断面図、

【図18】図17に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

【図19】この発明の実施例10のレンズ構成を示す断面図、

【図20】図19に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

【図21】この発明の実施例11のレンズ構成を示す断面図、

【図22】図21に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

【図23】この発明の実施例12のレンズ構成を示す断

面図、

【図24】図23に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

【図25】この発明の実施例13のレンズ構成を示す断面図、

【図26】図25に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

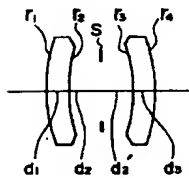
【図27】この発明の実施例14のレンズ構成を示す断面図、

【図28】図27に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図、

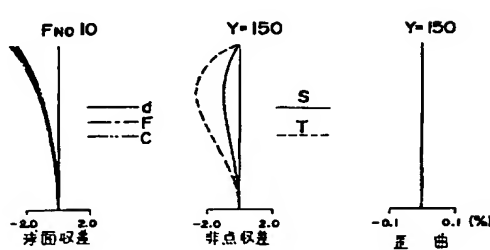
【図29】この発明の実施例15のレンズ構成を示す断面図、

【図30】図29に示すレンズ系の球面収差、非点収差および歪曲の収差曲線図である。

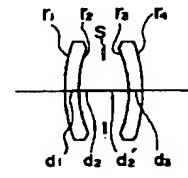
【図1】



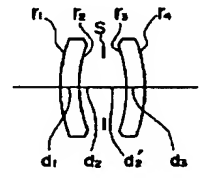
【図2】



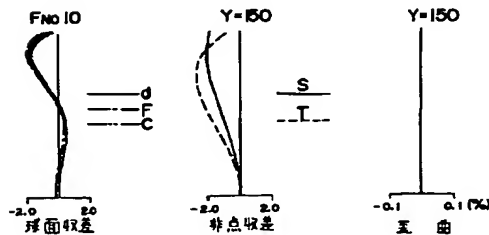
【図3】



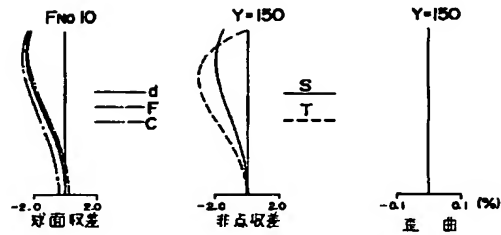
【図5】



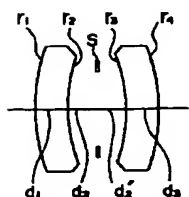
【図4】



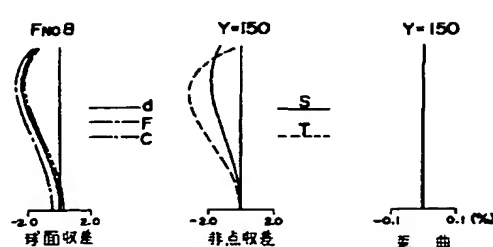
【図6】



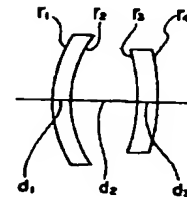
【図7】



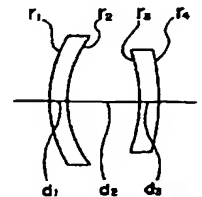
【図8】



【図9】

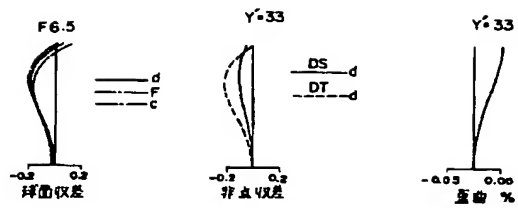


【図11】

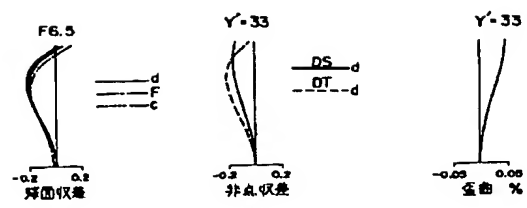




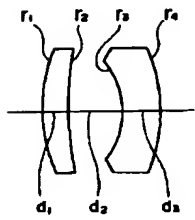
【図10】



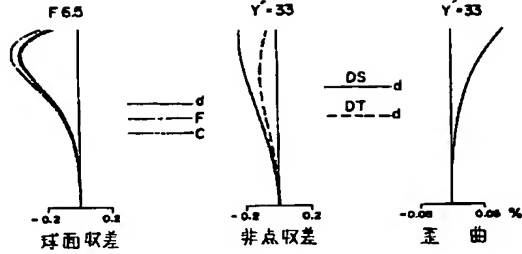
【図12】



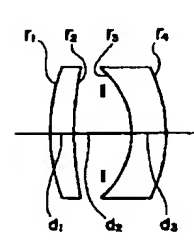
【図13】



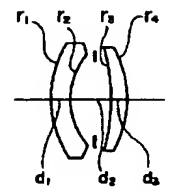
【図14】



【図15】

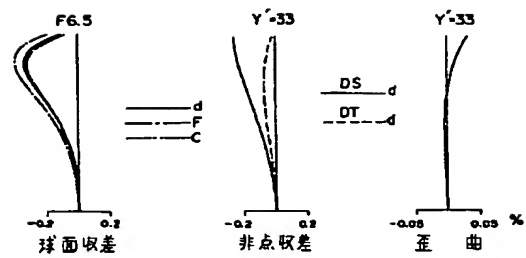


【図27】

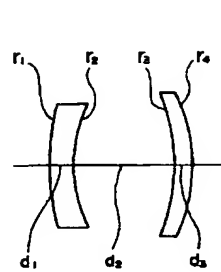


【図19】

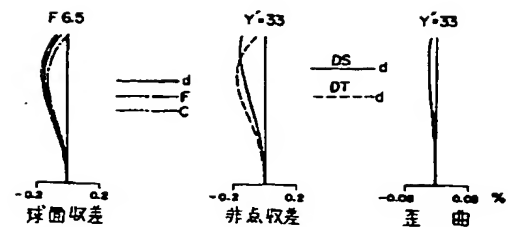
【図16】



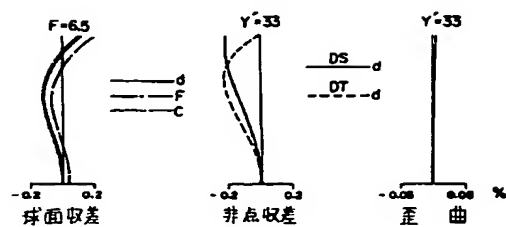
【図17】



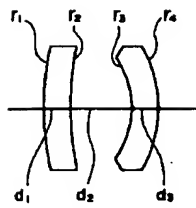
【図18】



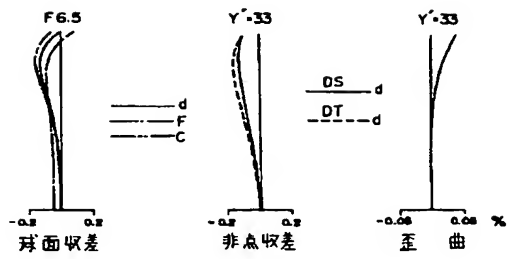
【図20】



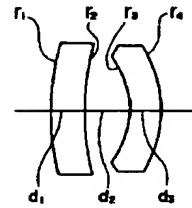
【図21】



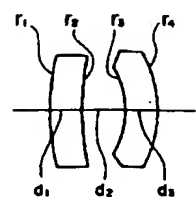
【図22】



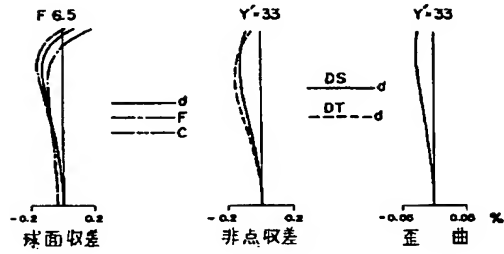
【図23】



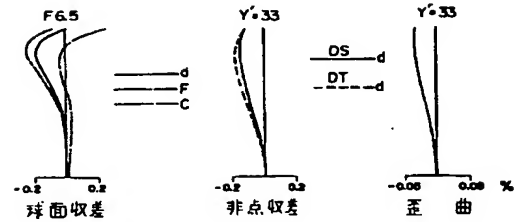
【図25】



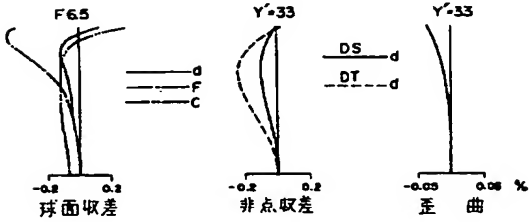
【図24】



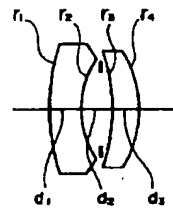
【図26】



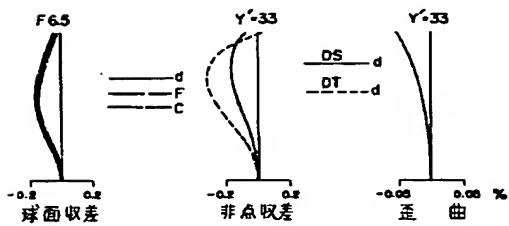
【図28】



【図29】



【図30】



## フロントページの続き

(72)発明者 渡邊 さなえ  
大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号大阪国  
際ビル「ミノルタカメラ株式会社内」

(72)発明者 鹿子嶋 一晴  
大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号大阪国  
際ビル「ミノルタカメラ株式会社内」

(72)発明者 坂本 圭治郎  
大阪市中央区安土町二丁目 3 番13号大阪国  
際ビル「ミノルタカメラ株式会社内」